

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-121832

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

G11B 5/39

H01F 10/16

(21)Application number : 09-286893

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 20.10.1997

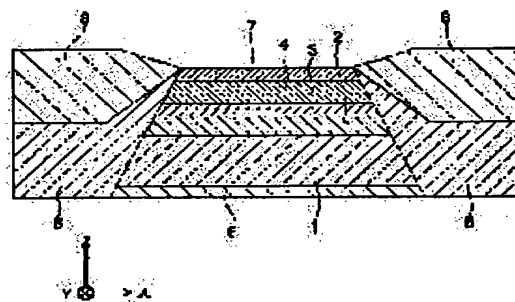
(72)Inventor : SAITO MASAJI

(54) SPIN BULB-TYPE THIN FILM ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To rigidly magnetize a fixed magnetic layer into a single magnetic domain in a height direction and to reduce Barkhausen noise by forming the fixed magnetic layer with CoFe alloy, appropriately controlling a composition ratio, setting the magnetostrictive constant of the fixed magnetic layer to be a positive value and providing a face-centered cubic structure on a part of crystal structure.

SOLUTION: The antiferromagnetic layer 1 of PtMn alloy, the fixed magnetic layer 2 of CoCFe, the non-magnetic conductive layer 3 of CU, the free magnetic layer 4 of Co and the protection layer 7 of Ta are continuously stacked on the base layer 6 of the non-magnetic material of Ta. The hard bias layers 5 of Co-Pt alloy are formed on both sides of the six layers and the conductive layers 8 of W are formed on the layers 5. The composition formula of CoFe alloy is $\text{Co}_a\text{Fe}_{100-a}$, (a) is at.% and $30 \leq a \leq 80$. The composition ratio is controlled and is set to be the positive value. When heat-treatment is executed while a magnetic field is given in the height direction (Y direction), an exchange anisotropic magnetic field is obtained in the interface of the layer 2 and the layer 1. The magnetizing direction of the fixed magnetic layer 2 is made into the single magnetic domain in the direction of Y and it is fixed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-121832

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51) Int.Cl.⁸
 H 0 1 L 43/08
 G 1 1 B 5/39
 H 0 1 F 10/16

識別記号

F I

H 0 1 L 43/08

Z

G 1 1 B 5/39

H 0 1 F 10/16

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-286893

(22) 出願日 平成9年(1997)10月20日

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 斎藤 正路

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

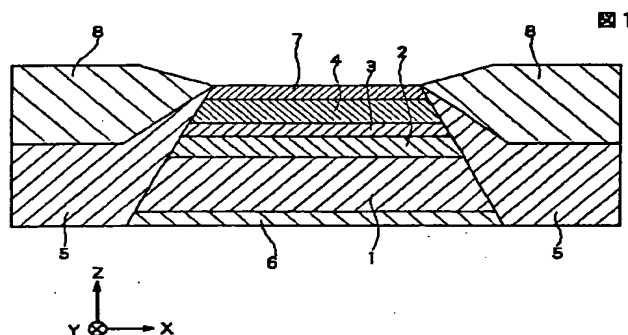
(74) 代理人 弁理士 野▲崎▼ 照夫

(54) 【発明の名称】 スピンバルブ型薄膜素子

(57) 【要約】

【課題】 スピンバルブ型薄膜素子では、A B S 面以外の面が絶縁膜に覆われているので、ハイト方向に引っ張り応力が作用しており、このような状態で、固定磁性層の磁歪が負の値であると、磁気弾性効果により、前記固定磁性層の磁化がトラック幅方向に誘起されてしまい、バルクハウゼンノイズの発生率が高くなるなど再生特性が低下するといった問題があった。

【解決手段】 固定磁性層 2 が C o F e 合金、または C o F e N i 合金により形成され、組成比を適性に調節することにより、固定磁性層 2 の磁歪が正の値にされているので、磁気弾性効果により、固定磁性層をハイト方向に誘起させることができる。また同時に、結晶構造の少なくとも一部に f c c 構造を含有させ、大きな交換異方性磁界を得ることができるので、固定磁性層の磁化をハイト方向に強固に固定することができ、再生特性を向上させることができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 反強磁性層と、この反強磁性層と接して形成され、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層に非磁性導電層を介して形成されたフリー磁性層とを有し、さらに前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃えるバイアス層と、固定磁性層と非磁性導電層とフリー磁性層に検出電流を与える導電層とが設けられて成るスピバルブ型薄膜素子において、前記固定磁性層は、CoFe合金で形成されており、また前記固定磁性層の磁歪定数は正の値であり、しかも結晶構造の少なくとも一部にfcc構造を有することを特徴とするスピバルブ型薄膜素子。

【請求項2】 前記固定磁性層として用いられるCoFe合金の組成式は、 $\text{Co}_a\text{Fe}_{100-a}$ で表わされ、aはat%で、

$$30 \leq a \leq 80$$

である請求項1記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項3】 前記固定磁性層として用いられるCoFe合金の組成式は、 $\text{Co}_a\text{Fe}_{100-a}$ で表わされ、aはat%で、

$$50 \leq a \leq 70$$

である請求項2記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項4】 前記固定磁性層にNiが含まれている請求項1記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項5】 前記固定磁性層として用いられるCoFeNi合金の組成式は、 $\text{Co}_a\text{Fe}_b\text{Ni}_c$ で表わされ、a, b, cはat%で、

$$0 \leq a \leq 80, 20 \leq b \leq 70, 0 \leq c \leq 80$$

である請求項4記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項6】 前記固定磁性層として用いられるCoFeNi合金の組成式は、 $\text{Co}_a\text{Fe}_b\text{Ni}_c$ で表わされ、a, b, cはat%で、

$$50 \leq a \leq 80, 20 \leq b \leq 50, 0 \leq c \leq 30$$

である請求項5記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項7】 前記固定磁性層として用いられるCoFeNi合金の組成式は、 $\text{Co}_a\text{Fe}_b\text{Ni}_c$ で表わされ、 $\text{Co}_a\text{Fe}_b\text{Ni}_c$ の三元図の各辺を元素Coの組成比、元素Feの組成比、元素Niの組成比としたとき、組成比a, b, c (at%)が、以下の4点により囲まれた範囲内である請求項6記載のスピバルブ型薄膜素子。

$$(\text{Co} : \text{Fe} : \text{Ni}) = (70 : 30 : 0)$$

$$(\text{Co} : \text{Fe} : \text{Ni}) = (60 : 40 : 0)$$

$$(\text{Co} : \text{Fe} : \text{Ni}) = (50 : 30 : 20)$$

$$(\text{Co} : \text{Fe} : \text{Ni}) = (50 : 20 : 30)$$

【請求項8】 前記反強磁性層は、PtMn合金で形成される請求項1ないし請求項7のいずれかに記載のスピバルブ型薄膜素子。

【請求項9】 PtMn合金に代えて、X-Mn合金(X=Pt, Ru, Ir, Os, Rh)、あるいはPt

2

-Mn-X系合金(X=Ni, Pd, Rh, Ru, Ir, Cr, Co)が用いられる請求項8記載のスピバルブ型薄膜素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固定磁性層(Pinned)磁性層の磁化の方向と外部磁界の影響を受けるフリー(Free)磁性層の磁化の方向との関係で電気抵抗が変化するいわゆるスピバルブ型薄膜素子に係り、前記固定磁性層として使用される磁性材料の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】スピバルブ型薄膜素子は、巨大磁気抵抗効果を利用したGMR(giant magnetoresistive)素子の1種であり、ハードディスクなどの記録媒体からの記録磁界を検出するものである。スピバルブ型薄膜素子は、最も単純な構造で4層から成り、下からフリー磁性層、非磁性導電層、固定磁性層、および反強磁性層の順で積層される。そしてこの4層の両側には、ハードバイアス層、および導電層が積層される。

【0003】従来では、反強磁性層にはFe-Mn(鉄-マンガン)合金膜やNi-Mn(ニッケル-マンガン)合金膜、固定磁性層及びフリー磁性層にはNi-Fe(ニッケル-鉄)合金膜、非磁性導電層にはCu(銅)膜、またハードバイアス層にはCo-Pt(コバルト-白金)合金膜などが一般的に使用されている。前記固定磁性層は反強磁性層に接して形成され、前記反強磁性層がFeMn合金膜で形成された時は磁場中で成膜が行われ、前記反強磁性層がNiMn合金膜で形成された時は磁場中でアニール処理が施されることにより、前記固定磁性層の磁化は、ハイト方向(記録媒体からの漏れ磁界方向)に単磁区化され固定される。

【0004】またフリー磁性層の磁化は、ハードバイアス層からのバイアス磁界により、トラック幅方向に揃えられ、前記フリー磁性層の磁化と固定磁性層の磁化との相対角が90°にされている。スピバルブ型薄膜素子では、前記導電層から、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層に検出電流(センス電流)が与えられる。記録媒体からの洩れ磁界が与えられると、フリー磁性層の磁化がトラック幅方向から漏れ磁界方向(ハイト方向)へ向けて変化する。このフリー磁性層内での磁化の方向の変動と、固定磁性層の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記固定磁性層と反強磁性層との界面で発生する交換異方性磁界は大きいことが好ましい。前記交換異方性磁界が大きいと、前記固定磁性層の磁化をハイト方向(記録媒体からの漏れ磁界方向)に適性に単磁区化し固定することがで

3

きるからである。大きい交換異方性磁界を得るための一つ的手段として、反強磁性層や固定磁性層の材質を代えたり、あるいは交換異方性磁界を発生させるための熱処理条件などを適性に調節するといった発明や発表が数多くされている。

【0006】しかし、固定磁性層の磁化強度に影響を与える磁界は、交換異方性磁界だけではない。前記固定磁性層に加わる応力と磁歪とで求めることができる磁気弾性効果による磁界も、前記固定磁性層の磁化強度に影響を与えている。スピバルブ型薄膜素子は、その上下、およびハイト側の側面が例えば Al_2O_3 などの絶縁膜（ギャップ膜）により覆われており、前記ハイト側の逆側（すなわちABS面側；正面側）の面が外部に露出している。また前記スピバルブ型薄膜素子は、金属膜の多層構造であるため、前記スピバルブ型薄膜素子の熱膨張係数は、前記スピバルブ型薄膜素子を覆う絶縁膜の熱膨張係数に比べて大きくなっている。よって、前記スピバルブ型薄膜素子には、ハイト方向への引っ張り応力が作用している。

【0007】このような状態にて、スピバルブ型薄膜素子を構成する固定磁性層の磁歪が負の値であると、磁気弾性効果により、前記固定磁性層の磁化はトラック幅方向に誘起されてしまう。つまり、仮に大きい交換異方性磁界を得ることができ、前記交換異方性磁界により固定磁性層の磁化をハイト方向に適性に単磁区化できても、磁気弾性効果による磁界が、前記固定磁性層の磁化をトラック幅方向に向かせるように作用すれば、前記固定磁性層の磁化はハイト方向に強固に固定されず、バルクハウゼンノイズの発生率が高くなるなど再生特性が低下するといった問題が生じてしまう。

【0008】本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、特に、交換異方性磁界と共に、磁気弾性効果による磁界によっても固定磁性層の磁化をハイト方向に誘起させることができるようにし、固定磁性層の磁化をハイト方向により強固に固定できるようにしたスピバルブ型薄膜素子を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、反強磁性層と、この反強磁性層と接して形成され、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層に非磁性導電層を介して形成されたフリー磁性層とを有し、さらに前記フリー磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向と交叉する方向へ揃えるバイアス層と、固定磁性層と非磁性導電層とフリー磁性層に検出電流を与える導電層とが設けられて成るスピバルブ型薄膜素子において、前記固定磁性層は、CoFe合金で形成されており、また前記固定磁性層の磁歪定数は正の値であり、しかも結晶構造の少なくとも一部にfcc構造を有することを特徴とするものである。

4

【0010】本発明では、前記固定磁性層として用いられるCoFe合金の組成式は、 Co_aFe_{100-a} で表わされ、 a はat%で、 $30 \leq a \leq 80$ であることが好ましく、より好ましくは、 $50 \leq a \leq 70$ である。

【0011】また本発明では、固定磁性層にNiが含まれていてもよい。この場合、CoFeNi合金の組成式は、 $Co_aFe_bNi_c$ で表わされ、 a, b, c はat%で、 $0 \leq a \leq 80, 20 \leq b \leq 70, 0 \leq c \leq 80$ であることが好ましく、より好ましくは、 $50 \leq a \leq 80, 20 \leq b \leq 50, 0 \leq c \leq 30$ である。

【0012】さらに、前記 $Co_aFe_bNi_c$ の三元図の各辺を元素Coの組成比、元素Feの組成比、元素Niの組成比としたとき、組成比 a, b, c (at%) が、以下の4点により囲まれた範囲内であることが最も好ましい。

(Co:Fe:Ni) = (70:30:0)

(Co:Fe:Ni) = (60:40:0)

(Co:Fe:Ni) = (50:30:20)

(Co:Fe:Ni) = (50:20:30)

【0013】また、本発明では前記反強磁性層は、PtMn合金で形成される。反強磁性層としてPtMn合金を使用することにより、従来から反強磁性層として使用されているFeMn合金やNiMn合金等に比べて、大きな異方性磁界を得ることができ、またPtMn合金はブロッキング温度も高く、耐食性に優れているなど、反強磁性材料として優れた性質を有している。

【0014】なお本発明では、PtMn合金に代えて、X-Mn合金 ($X = Pd, Ru, Ir, Os, Rh$)、あるいはPt-Mn-X系合金 ($X = Ni, Pd, Rh, Ru, Ir, Cr, Co$) が反強磁性層として用いられてもよい。

【0015】前述したように、スピバルブ型薄膜素子は、その上下、およびハイト側の側面が絶縁膜により覆われており、ABS面（正面）のみが外部に露出しているが、前記スピバルブ型薄膜素子の熱膨張係数は、絶縁膜の熱膨張係数に比べて大きいために、前記スピバルブ型薄膜素子には、ハイト方向に引っ張り応力が働いている。

【0016】このため固定磁性層の磁歪が負の値であると、磁気弾性効果による磁界は、前記固定磁性層の磁化をトラック幅方向に向かせるように作用してしまう。従って大きな交換異方性磁界を得ることができたとしても、固定磁性層をハイト方向に向けさせるべき全体の磁界の大きさは小さくなってしまい、前記固定磁性層の磁化をハイト方向に強固に固定できず、再生特性は低下してしまう。

【0017】そこで本発明では、固定磁性層の磁歪を正の値にして、磁気弾性効果により、前記固定磁性層の磁化をハイト方向に誘起させている。つまり交換異方性磁界と磁気弾性効果による磁界とによって、前記固定磁性

5

層の磁化をハイト方向に向かせるようにすることができ、従って前記固定磁性層の磁化はハイト方向に強固に固定され、良好な再生特性を得ることが可能になる。

【0018】本発明では、前記固定磁性層がCoFe合金膜、CoFeNi合金膜で形成されている。

【0019】本発明者は、CoFe合金、CoFeNi合金を固定磁性層として使用し、各磁性材料の組成比と、磁歪および交換異方性磁界との関係などについて実験を行った。その実験方法や実験結果等について以下に説明する。

【0020】まず、CoFe合金を固定磁性層として使用し、このCoFe合金の組成比の異なる複数の多層膜を成膜して、Coの組成比と交換異方性磁界(Hex)との関係について測定した。なお実験に使用した多層膜の膜構成は以下の通りである。

Si/基板/下地層: Ta(50)/反強磁性層: PtMn(300)/固定磁性層: CoFe(30)/保護層: Ta(100)

各層における括弧内の数値は膜厚を表わしており、単位はオングストロームである。

【0021】成膜はDCマグネトロンスパッタで行った。なおCoFe合金の成膜は、CoターゲットにFeのペレットを配置した複合ターゲットを用いて行い、ペレットの数を調節することにより得たい膜組成を実現した。またCoFe合金の膜組成分析は、XMAにより行った。さらに成膜後、240℃の温度で3時間の磁場中アニールを施した。磁場中に印加した磁界は2000(Oe)であった。そして、交換異方性磁界の測定は、VSMにより磁化反転位置の原点からのシフトで評価した。

【0022】次に、CoFe合金を固定磁性層として使用し、このCoFe合金の組成比の異なる複数の多層膜を成膜して、Coの組成比と飽和磁歪定数 λ_s との関係について測定した。なお実験に使用した多層膜の膜構成は以下の通りである。

6

*Si/基板/下地層: Ta(50)/反強磁性層: PtMn(300)/Cu(50)/固定磁性層: CoFe(30)/保護層: Ta(100)

各層における括弧内の数値は膜厚を表わしており、単位はオングストロームである。

【0023】成膜方法は、上述した交換異方性磁界の測定の場合と同じであるが、大きな交換異方性磁界が発生すると、正確な磁歪の測定が不可能となるので、熱処理は施さなかった。また、PtMn合金とCoFe合金との間における交換結合を完全に断ち切るために、PtMn合金とCoFe合金との間にCu膜を挿入した。磁歪の測定には、光てこ法を用い、上述の多層膜に±200(Oe)の磁界を印加して測定した。

【0024】次に、Coの組成比が異なる複数のCoFe合金を固定磁性層として使用し、各組成比における前記固定磁性層の結晶構造について測定した。なお実験に使用した多層膜の膜構成は以下の通りである。

Si/基板/下地層: Ta(50)/反強磁性層: PtMn(300)/固定磁性層: CoFe(100)/保護層: Ta(100)

各層における括弧内の数値は膜厚を表わしており、単位はオングストロームである。

【0025】なおこの実験では、正確な結晶構造を導き出すために、CoFe合金の膜厚を100オングストロームに厚くしている。また成膜工程については上述した交換異方性磁界の測定の場合と同じである。結晶構造の決定には、通常よく用いられるX線回折法を使用した。X線回折により得られた回折パターンから、CoFe合金の結晶構造を求めることができた。CoFe合金の各膜組成における結晶構造、交換異方性磁界(Hex)の値、および飽和磁歪定数(λ_s)の値を表1に示し、表1に基づいてグラフ化したものを図3に示す。

【0026】

【表1】

膜組成(at%)		結晶構造	交換異方性磁界 Hex(Oe)	飽和磁歪定数 $\lambda_s (\times 10^{-9})$
Co	Fe			
100	0	fcc+hcp	600	-2.0
90	10	fcc+hcp	650	-0.5
80	20	fcc	700	+1.5
70	30	fcc	800	+3.0
60	40	fcc	800	+5.1
50	50	fcc+bcc	500	+6.5
40	60	fcc+bcc	300	+5.4
30	70	fcc+bcc	200	+4.1
20	80	bcc	100	+2.5

【0027】図3に示すように、交換異方性磁界(Hex)のピークは、Coの組成比が60~70(at%)

の間にあり、Coの組成比が30(at%)以上であると、200(Oe)以上の交換異方性磁界が得られるこ

とがわかる。また、磁歪は、Coの組成比が約50 (at%) であると、最も大きな値となり、Coの組成比が50 (at%) 以上になると、徐々に低下し始めることがわかる。

【0028】特にCoの組成比が約90 (at%) 以上になると、磁歪は負の値になることがわかる。グラフの下には、各組成比におけるCoFe合金の結晶構造が示されている。図3に示すように、Coの組成比が約30 (at%) 以下であると、CoFe合金の結晶構造のほぼ全てが、bcc構造 (体心立方構造) であるが、Coの組成比が約30 (at%) 以上であると、CoFe合金の結晶構造の少なくとも一部に、fcc構造 (面心立方構造) が含まれていることがわかる。

【0029】特に、500 (Oe) 以上の交換異方性磁界を得ることができる、つまりCoの組成比が約50~80 (at%) 間のCoFe合金の結晶構造は、そのほぼ全てがfcc構造となっていることがわかる。つまり、大きい交換異方性磁界を得るには、CoFe合金の結晶構造の少なくとも一部にfcc構造が含有されていると好ましいことがわかる。

【0030】以上の実験結果からCoの組成比は、30 (at%) 以上であることが好ましいことがわかる。Coの組成比が30 (at%) 以下であると、交換異方性磁界 (H_{ex}) が低下しすぎて、固定磁性層の磁化を適性に単磁区化し固定することができないからである。

【0031】次に、固定磁性層としてCoFe合金を使用した場合におけるCoの組成比とヘッドノイズ発生率との関係について測定した。なお実験に使用した多層膜の膜構成は以下の通りである。

Si/基板/下地層: Ta (50) / 反強磁性層: Pt Mn (300) / 固定磁性層: CoFe (30) / 非磁性導電層: Cu (25) / フリー磁性層: NiFe (80) / 保護層: Ta (50)

各層における括弧内の数値は膜厚を表わしており、単位はオングストロームである。またNiFe合金 (フリー磁性層4) の組成比は、(Ni:Fe) = (80:20) である。

【0032】実験に使用した薄膜磁気ヘッドは、上述した多層膜 (スピンバルブ膜) と記録用のいわゆるインダクティブヘッドとが設けられたインダクティブ/スピンバルブ複合型薄膜磁気ヘッドであり、実験は、前記インダクティブヘッドで記録媒体に記録信号を書込み、その後前記多層膜により記録信号を再生した。ヘッドノイズの評価には、オシロスコープを用い、多層膜 (スピンバルブ膜) での読取り波形に生じたバルクハウゼンノイズの回数比率で評価を行った。その実験結果を図4に示す。図4に示すように、Coの組成比が約30~80 (at%) であると、ヘッドノイズ発生率は比較的低いが、Coの組成比が約80 (at%) 以上になると、ヘッドノイズ発生率が急激に高くなっていることがわか

る。

【0033】図5は、飽和磁歪定数 λ_s とヘッドノイズ発生率との関係を測定したグラフである。この図から見てわかるように、磁歪が正でしかも大きい値であるほど、ヘッドノイズ発生率は低くなることがわかる。一方、磁歪が負の値でその絶対値が大きいほど、ヘッドノイズ発生率は高くなることがわかる。

【0034】図4においてCoの組成比が80 (at%) 以上になると、ヘッドノイズ発生率が高くなるのは、図5の実験結果から磁歪が零に近い、あるいは負の値だからであると推測できる。図3を見てわかるように、Coの組成比が80 (at%) 以上になると、磁歪は零に近い値になり、特にCoの組成比が約90 (at%) 以上になると、前記磁歪は負の値となる。

【0035】ところで、一般的にABS面が露出したヘッド状態で素子に加わる応力は、数百MPa (メガパスカル) の引っ張り応力と言われ、仮に、ヘッドに300 MPaのハイト方向への引っ張り応力が働いていると仮定すると、磁気抵抗効果による異方性は、 $(3/2) \cdot \lambda_s \cdot \sigma$ (λ_s は磁歪、 σ は応力) の絶対値で、 $\lambda_s > 0$ ならば、ハイト方向に、 $\lambda_s < 0$ ならば、トラック幅方向に働くことが磁性理論から導き出せる。この理論を用い、図3に示す磁歪とから磁気弾性効果による磁界の大きさを導きだし、その結果を図6に示した。なお図6には、図3に示す交換異方性磁界 (H_{ex}) と、前記交換異方性磁界と前記磁気弾性効果による磁界とを合わせた磁界も示されている。

【0036】図6に示す磁気弾性効果による磁界のグラフは、図3に示す磁歪のグラフと同様に、Coの組成比が約50 (at%) のとき最も大きくなり、Coの組成比が約50 (at%) 以上になると、徐々に小さくなる。特にCoの組成比が約90 (at%) 以上になると負の値になってしまう。磁気弾性効果による磁界の大きさが零に近くなり、あるいは負の値になると、前記交換異方性磁界と前記磁気弾性効果による磁界とを合わせた磁界は前記交換異方性磁界の大きさと同程度か、またはそれよりも小さくなる。その傾向は、図6のCoの組成比が80 (at%) 以上の部分に顕著に表れている。

【0037】また図6に示すように、Coの組成比が約50 (at%) 以下になると、交換異方性磁界は500 (Oe) 以下となるが、磁気抵抗効果による磁界が比較的高い値となっているため、前記交換異方性磁界と前記磁気弾性効果による磁界とを合わせた磁界は、比較的大きな値となっている。前述したように、固定磁性層の磁化をハイト方向に強固に固定するには、交換結合磁界のみならず、固定磁性層に加わる磁歪と応力とで求められる磁気弾性効果による磁界も適性に調節する必要がある。図6に示すように、Coの組成比が80 (at%) 以上になると、磁気弾性効果による磁界は小さくなり、あるいは負の値となるので、固定磁性層の磁化は、前記

9

磁気弾性効果により、トラック幅方向に誘起されてしまい、図4に示すようにヘッドノイズ発生率が高くなるなどの問題が発生する。

【0038】以上、図3ないし図6の実験結果により、本発明では固定磁性層がCoFe合金で形成されるとき、Coの組成比の好ましい範囲を30～80 (at %)とした。この範囲内であれば、図3に示すように常に磁歪は正の値であり、しかも大きい値を得ることができる。またこの範囲内であると、結晶構造の少なくとも一部にfcc構造が含まれ、図3に示すように、200 (Oe) 以上の交換異方性磁界を得ることができる。さらに図4に示すように、Coの組成比が30～80 (at %) の範囲内であれば、ヘッドノイズ発生率を5%以下に抑制することが可能である。

【0039】また本発明ではより好ましいCoの組成比 *

膜組成 (at%)			結晶構造	交換異方性磁界 Hex (Oe)	飽和磁歪定数 $\lambda_s (\times 10^{-9})$
Co	Fe	Ni			
50	40	10	fcc+bcc	600	+4.7
50	30	20	fcc+bcc	800	+3.4
50	20	30	fcc	800	+1.7
50	10	40	fcc	700	-0.5
50	0	50	fcc	700	-2.5
0	80	20	bcc	200	+1.5
0	70	30	fcc+bcc	500	+3.5
0	30	70	fcc	600	+3.0
0	20	80	fcc	700	+0.3
0	10	90	fcc	700	-2.0

【0042】表2に示すようにCoの組成比を50 (at %) に固定し、Feの組成比を40 (at %) から0 (at %) まで10 (at %) ずつ小さくしていき、Niの組成比を10 (at %) から50 (at %) まで10 (at %) ずつ大きくしていくと、結晶構造は、fcc構造とbcc構造との混成構造からfcc構造単体に変化するのわかる。交換異方性磁界 (Hex) は、Niの組成比を大きくすることにより大きくなるが、磁歪は、Feの組成比が小さくなることで小さくなっていき、Feの組成比が20 (at %) 以下になると、磁歪は零に近い値となり、あるいは負の値となってしまう好ましくない。

【0043】また、Coの組成比を0 (at %) にし、Feの組成比を80 (at %) から10 (at %) まで小さくしていき、Niの組成比を20 (at %) から90 (at %) まで大きくしていくと、結晶構造は、bcc構造単体からfcc構造とbcc構造との混成構造へ変化し、さらにfcc構造とbcc構造との混成構造からfcc構造単体へ変化することがわかる。

【0044】交換異方性磁界は、Niの組成比が大きく

10

*の範囲を50～70 (at %) とした。この範囲内であると、磁歪を正の値でしかもより大きい値を得ることができ、また結晶構造のほぼ全体がfcc構造となり、図3に示すように500 (Oe) 以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。また図4に示すように、Coの組成比が50～70 (at %) の範囲内であれば、ヘッドノイズ発生率を約3%以下に抑制することが可能である。

【0040】次に、CoFeNi合金を固定磁性層として使用し、上述した実験方法により、各組成比における結晶構造、交換異方性磁界 (Hex) および飽和磁歪定数 λ_s の大きさを測定した。その実験結果を表2に示す。

【0041】

【表2】

なることにより大きくなるが、磁歪は、Feの組成比が小さくなることで小さくなっていき、Feの組成比が20 (at %) 以下になると、磁歪は零に近い値となり、あるいは負の値となってしまう好ましくない。この実験結果により、Feの組成比を20 (at %) 以上にすれば、少なくとも正の値の磁歪を得ることができるとわかる。

【0045】次に、表1および表2に示す各膜組成を、図7に示す三元図にプロットした。本発明では、図に示す(I) (II) (III) (IV) の領域の組成比を好ましいとしており、それ以外の領域、つまりFeの組成比が20 (at %) 以下になる領域と、70 (at %) 以上になる領域を除外している。Feの組成比が20 (at %) 以下になると好ましくないのは、前述したように磁歪の値が負の値となる可能性が強いからである。表1および表2に示すように、Feの組成比が10 (at %) あるいは0 (at %) であると、磁歪は負の値となっていることがわかる。

【0046】Feの組成比が70 (at %) 以上であると好ましくないのは、bcc構造が大部分を占め、ある

11

いはbcc構造単体となり、交換異方性磁界が非常に小さくなるからである。本発明では、固定磁性層がCoFeNi合金で形成される場合、図7に示す(I)(II)(III)(IV)の領域、つまり、Coの組成比が0~80(at%)、Feの組成比が20~70(at%)、およびNiの組成比が0~80(at%)の範囲内を好ましい範囲としている。この範囲内であれば、磁歪は常に正の値になり、結晶構造の少なくとも一部にfcc構造が含有される。また交換異方性磁界は具体的には200(Oe)になる。

【0047】より好ましいのは、図7に示す(II)

(III)(IV)の領域、すなわちCoの組成比が50~80(at%)、Feの組成比が20~50(at%)、およびNiの組成比が0~30(at%)の範囲内である。この範囲内であれば、磁歪は常に正の値であり、また結晶構造の少なくとも一部にfcc構造が含有され、500(Oe)以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0048】最も好ましいのは、図7に示す(IV)の領域、すなわち、以下の4点により囲まれた範囲内である。

(Co:Fe:Ni) = (70:30:0)

(Co:Fe:Ni) = (60:40:0)

(Co:Fe:Ni) = (50:30:20)

(Co:Fe:Ni) = (50:20:30)

この範囲内であれば、磁歪は常に正で比較的大きな値となり、また結晶構造はfcc構造単体となる可能性が高く、800(Oe)以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0049】以上のように本発明では、固定磁性層をCoFe合金、あるいはCoFeNi合金により形成し、CoFe合金、およびCoFeNi合金の組成比を適性に調節することにより、前記固定磁性層の磁歪を正の値にして、且つ前記固定磁性層の結晶構造の一部にfcc構造を含有させている。よって応力と磁歪とで求めることができる磁気弾性効果により、固定磁性層の磁化をハイト方向に誘起させることができ、しかも同時に大きい交換異方性磁界を得ることができるので、前記磁気弾性効果による磁界と交換異方性磁界とを合わせた磁界により、前記固定磁性層の磁化をハイト方向に強固に単磁区化し固定することが可能になる。このためバルクハウゼンノイズを低減させることができ、再生特性を向上させることが可能になる。

【0050】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1実施形態のスピンバルブ型薄膜素子の構造、図2は、本発明の第2実施形態のスピンバルブ型薄膜素子の構造であり、図1および図2は共にABS面から見た断面図であり、X方向に伸びる素子の中央部分のみを破断して示している。なお、図1および図2に示すスピンバルブ型薄膜素子

12

は、その上下、およびハイト側の面が、例えばAl₂O₃やSiO₂などの絶縁膜(ギャップ膜)により覆われており、ABS面(正面)のみが外部に露出している。

【0051】図1および図2に示すスピンバルブ型薄膜素子の熱膨張係数は、前記スピンバルブ型薄膜素子を覆う絶縁膜の熱膨張係数よりも大きいので、前記スピンバルブ型薄膜素子には、図示Y方向(ハイト方向)に引っ張り応力が働いており、その引っ張り応力は約200MPa~300MPaである。なお、図1および図2に示すスピンバルブ型薄膜素子は、ハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて、ハードディスクなどの記録磁界を検出するものである。また、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向はZ方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向はY方向である。

【0052】図1および図2の最下に形成されているのはTa(タンタル)などの非磁性材料で形成された下地層6である。図1ではこの下地層6の上に反強磁性層1、固定磁性層(ピン磁性層)2、非磁性導電層3、およびフリー磁性層4が連続して積層されている。また図2では、前記下地層6の上に、フリー磁性層4、非磁性導電層3、固定磁性層2、および反強磁性層1が連続して積層されている。

【0053】そして図1および図2に示すように、最上に形成された層は、Ta(タンタル)などの非磁性材料で形成された保護層7である。下地層6から保護層7までの6層は、スパッタ法などにより積層された後、図1および図2に示すように、その両側が傾斜面に削り取られる。そして前記6層の両側にハードバイアス層5、5が形成され、さらに前記ハードバイアス層5の上に導電層8、8が形成される。

【0054】次に各層の材質について説明する。まず本発明では、反強磁性層1がPtMn合金により形成されている。Pt-Mn合金は、Fe-Mn合金などに比べて耐熱性に優れており、またブロッキング温度も高く、さらに交換異方性磁界(H_{ex})が大きいなど反強磁性材料として優れた特性を有している。またPtMn合金で形成された反強磁性層1であれば、図1に示すように前記反強磁性層1が固定磁性層2の下に形成されても、また図2に示すように固定磁性層2の上に形成されても、反強磁性層1と固定磁性層2との界面で交換異方性磁界を得ることが可能となっている。

【0055】また、Pt-Mn合金に代えて、X-Mn合金(X=Pd, Ru, Ir, Os, Rh)、あるいはPt-Mn-X系合金(X=Ni, Pd, Rh, Ru, Ir, Cr, Co)を反強磁性層1として使用してもよい。なおPt-Mn合金およびX-Mn系合金の組成比は、(Pt, X):Mn=1:9~3:7、または1:0.7~1:1.3であることが好ましく、より好ましくは1:1である。

13

【0056】次に本発明では、固定磁性層2はCoFe合金、CoFeNi合金で形成されている。なお各材質における組成比については後述する。また、前記フリー磁性層4は、前述した固定磁性層2に使用される磁性材料で形成されてもよいし、あるいはCo、NiFe合金などにより形成されてもよい。非磁性導電層3はCu、前記ハードバイアス層5、5は例えばCo-Pt(コバルト-白金)合金やCo-Cr-Pt(コバルト-クロム-白金)合金、さらに導電層8はW(タングステン)やCu(銅)などにより形成されている。

【0057】図1および図2に示すように、固定磁性層2は反強磁性層1と接して形成され、この状態で図示Y方向(ハイト方向;記録媒体からの漏れ磁界方向)に磁場をかけながら、熱処理が施されることにより、両層の界面で交換異方性磁界が得られ、前記固定磁性層2の磁化の方向がY方向に単磁区化され固定される。また前記ハードバイアス層5、5は図示X方向(トラック幅方向)に磁化されており、フリー磁性層4の磁化は前記ハードバイアス層5、5の影響を受けて、図示X方向に揃えられる。

【0058】図1および図2に示すスピンバルブ型薄膜素子では、導電層8から固定磁性層2、非磁性導電層3およびフリー磁性層4に定常電流(センス電流)が与えられ、しかも記録媒体からY方向へ磁界が与えられると、フリー磁性層4の磁化方向がX方向からY方向へ向けて変化する。このとき、フリー磁性層4と固定磁性層2のうち片方の層から他方の層へ移動しようとする電子が、非磁性導電層3と固定磁性層2との界面、または非磁性導電層3とフリー磁性層4との界面で散乱を起こし、電気抵抗が変化する。よって定常電流が変化し、検出出力を得ることができる。

【0059】本発明では、前記固定磁性層2の磁化をよりY方向に強固に固定するために、前記固定磁性層として使用されるCoFe合金またはCoFeNi合金の組成比を適性に調節して、正の値の磁歪を得ることができるようにし、且つ結晶構造の少なくとも一部にfcc構造(面心立方構造)を含有させている。前述したように、図1および図2に示すスピンバルブ型薄膜素子では、ABS面(正面)のみが外部に露出し、その他の面が絶縁膜にて覆われているので、前記スピンバルブ型薄膜素子には、図示Y方向(ハイト方向)に引っ張り応力が働いている。

【0060】従って、前記固定磁性層2の磁歪を正の値にすれば、磁気弾性効果により、前記固定磁性層2の磁化を、図示Y方向に誘起させることができる。また、前述したように固定磁性層を構成する結晶構造の少なくとも一部にfcc構造が含有されているので、大きな交換異方性磁界を得ることができ、前記固定磁性層2を図示Y方向により強固に単磁区化し固定しやすくなる。このように本発明では、固定磁性層の磁歪を正の値にして磁

14

気弾性効果により前記固定磁性層2の磁化を図示Y方向に誘起させているので、交換異方性磁界のみを適性に調整していた従来に比べて、より確実に、前記固定磁性層2の磁化を図示Y方向に強固に固定することができる。

【0061】本発明では、前記固定磁性層2がCoFe合金膜により形成されている場合、Coの組成比は30~80(at%)であることが好ましい。この範囲内であれば、図3に示すように、磁歪を正の値にすることができ、且つ結晶構造の少なくとも一部にfcc構造を含有させることができ、200(Oe)以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。またより好ましいCoの組成比は50~70(at%)である。この範囲内であれば、図3に示すように、磁歪を正の値でしかも大きい値にすることができ、且つ結晶構造の大部分をfcc構造にすることができ、500(Oe)以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0062】また本発明では、前記固定磁性層2がCoFeNi合金膜により形成されている場合、Coの組成比は0~80(at%)、Feの組成比は20~70(at%)、Niの組成比は0~80(at%)であることが好ましい。この組成比の範囲は、図7に示す三元図で言えば、(I)(II)(III)(IV)の領域内である。この領域内であれば、磁歪を正の値にすることができ、且つ結晶構造の少なくとも一部にfcc構造を含有させることができ、200(Oe)以上の交換異方性磁界を得ることが可能になる。

【0063】またより好ましい組成比の範囲は、Coが50~80(at%)、Feが20~50(at%)、Niが0~30(at%)である。この組成比の範囲は、図7に示す三元図で言えば、(II)(III)(IV)の領域内である。この領域内であれば、磁歪を正の値でしかも大きい値にすることができ、且つ結晶構造の少なくとも一部にfcc構造を含有させることができ、500(Oe)以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0064】さらに最も好ましい組成の範囲は、図7に示す(IV)の領域内、すなわち以下の4点により囲まれた範囲内である。

$$A(\text{Co}:\text{Fe}:\text{Ni})=(70:30:0)$$

$$B(\text{Co}:\text{Fe}:\text{Ni})=(60:40:0)$$

$$C(\text{Co}:\text{Fe}:\text{Ni})=(50:30:20)$$

$$D(\text{Co}:\text{Fe}:\text{Ni})=(50:20:30)$$

この範囲内であれば、磁歪を正の値で大きい値にすることができ、且つ結晶構造の大部分をfcc構造にでき、800(Oe)以上の交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0065】このように本発明では、固定磁性層の組成比を適性に調節することによって、磁歪を正の値にしている。従って、前記固定磁性層の磁化は、前記磁歪と応力とで求められる磁気弾性効果により、図示Y方向に誘

15

起される。さらに本発明では、前述した組成比の範囲内であれば、固定磁性層の磁歪を正の値にできると同時に、結晶構造の少なくとも一部に fcc 構造を含有させ、大きい交換異方性磁界を得ることが可能である。

【0066】以上のように本発明では、交換異方性磁界のみならず、磁気弾性効果による磁界によっても固定磁性層 2 の磁化を図示 Y 方向に向かせることができるので、前記固定磁性層 2 の磁化を図示 Y 方向に強固に単磁区化し固定することができる。従って、バルクハウゼンノイズを低減させることができ、再生特性を向上させることが可能になる。

【0067】仮に、スピンバルブ型薄膜素子の熱膨張係数が、前記スピンバルブ型薄膜素子の A B S 面以外の面を覆う膜の熱膨張係数よりも小さい場合、あるいは A B S 面の鏡面ラップ加工方法の選択により、前記スピンバルブ型薄膜素子には、図示 Y 方向に縮む方向の応力を働かせることができる。この場合は、固定磁性層 2 の磁歪を負の値にして、磁気弾性効果により、前記固定磁性層 2 の磁化を図示 Y 方向に誘起させることが可能になり、バルクハウゼンノイズを低減させることができる。

【0068】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、スピンバルブ型薄膜素子のハイト方向に引っ張り応力が作用している場合、固定磁性層として使用される $CoFe$ 合金または $CoFeNi$ 合金の磁性材料の組成比を適性に調節して、前記固定磁性層の磁歪を正の値にすれば、磁気弾性効果により、固定磁性層の磁化をハイト方向に誘起させることが可能になる。

【0069】しかも本発明では、磁歪を正の値にすると同時に、固定磁性層の結晶構造の少なくとも一部に fcc 構造を含有させているので、大きい交換異方性磁界を得ることができる。

【0070】このように本発明では、大きい交換異方性磁界を得ることができると同時に、磁気弾性効果によって、固定磁性層の磁化をハイト方向に誘起させているの *

16

*で、前記固定磁性層の磁化をハイト方向に強固に単磁区化し固定することができ、バルクハウゼンノイズを低減させることが可能になる。

【図面の詳細な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態のスピンバルブ型薄膜素子の構造を A B S 面側から見た断面図、

【図 2】本発明の第 2 実施形態のスピンバルブ型薄膜素子の構造を A B S 面側から見た断面図、

【図 3】固定磁性層を $CoFe$ 合金で形成した場合の、 Co の組成比と交換異方性磁界 (H_{ex}) との関係、および Co の組成比と磁歪との関係を示すグラフ、および各組成比における結晶構造を表わす図、

【図 4】固定磁性層を $CoFe$ 合金で形成した場合の、 Co の組成比とヘッドノイズ発生率との関係を示すグラフ、

【図 5】磁歪とヘッドノイズ発生率との関係を示すグラフ、

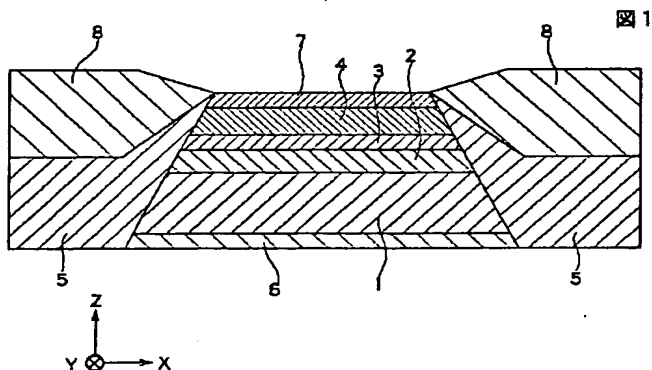
【図 6】固定磁性層を $CoFe$ 合金で形成した場合の、 Co の組成比と磁気弾性効果による磁界との関係、 Co の組成比と交換異方性磁界との関係、および Co の組成比と磁気弾性効果による磁界と交換異方性磁界とを合わせた磁界との関係を示すグラフ、

【図 7】固定磁性層を $CoFeNi$ 合金で形成した場合の、本発明における好ましい組成範囲を示す三元図、

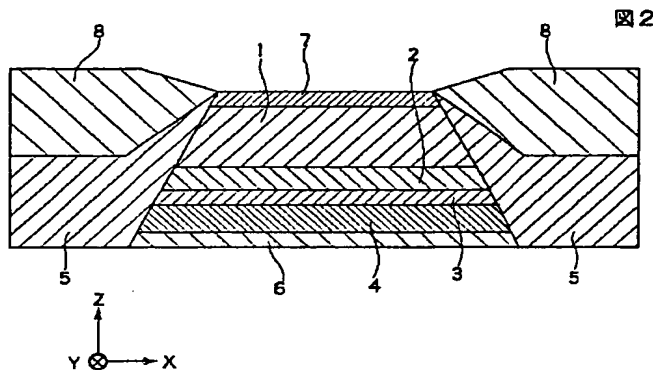
【符号の説明】

- 1 反強磁性層
- 2 固定磁性層
- 3 非磁性導電層
- 4 フリー磁性層
- 5 ハードバイアス層
- 6 下地層
- 7 保護層
- 8 導電層
- X トラック幅方向
- Y ハイト方向

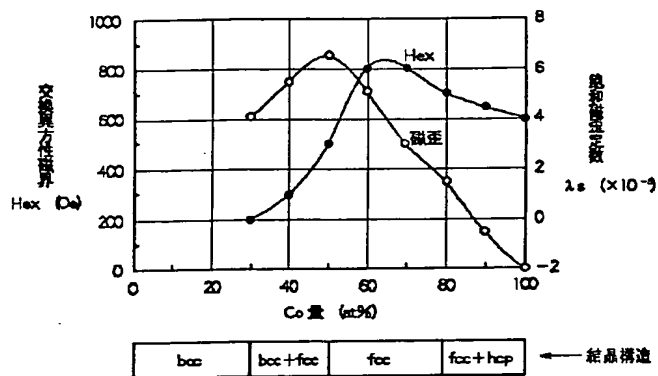
【図 1】



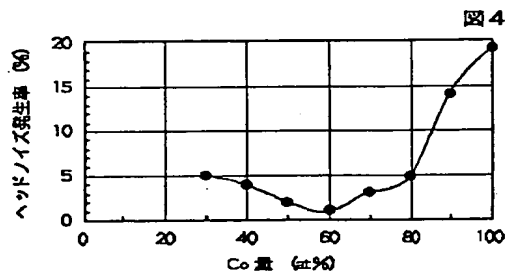
【図 2】



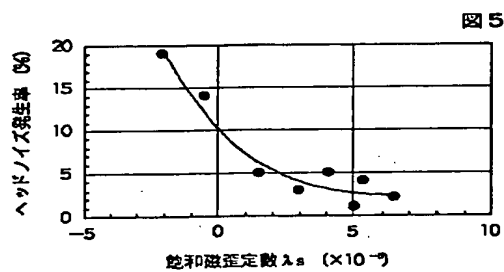
【図 3】



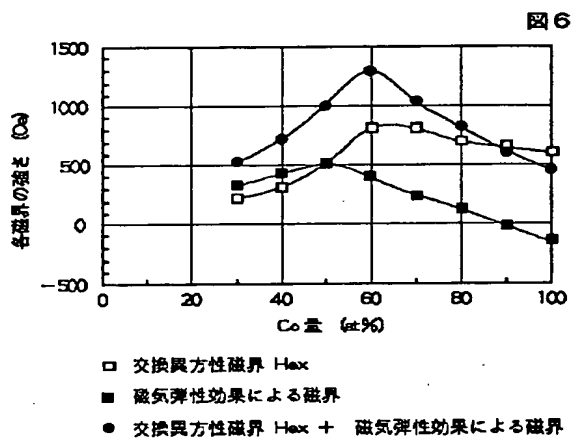
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

